

高速 PCB 设计的布局布线优化方法

随着半导体工艺的发展，器件的工作频率越来越高，使得高速 PCB 的设计成为产品设计中的一个重要环节，而高速 PCB 设计所面临的过



冲、下冲、振铃、延迟和单调性等信号完整性问题，将成为传统设计的一个瓶颈，设计人员仅仅凭经验将越来越难设计出完整的解决方案，因此设计人员只有借助一套完整的信号完整性分析工具才能准确预测并消除这些问题。下面我们结合高速 PCB 设计分析工具 SpecctraQuest 来分析以上的 PCB 级信号完整性问题。

拓扑结构对信号的影响

当信号在高速 PCB 板上沿传输线传输时遇到阻抗不匹配，将有部分能量从阻抗不连续点沿传输线传回，造成反射现象。在高速 PCB 设计中，有很多问题都是由反射引起的，因此应该特别注意。在高速 PCB 板上，一条导线已经不再是单纯的导线，而须当作传输线看待，按照传输线理论来处理。阻抗的不匹配，以及在不同分支上传输时间的不一致都会造成信号完整性问题。

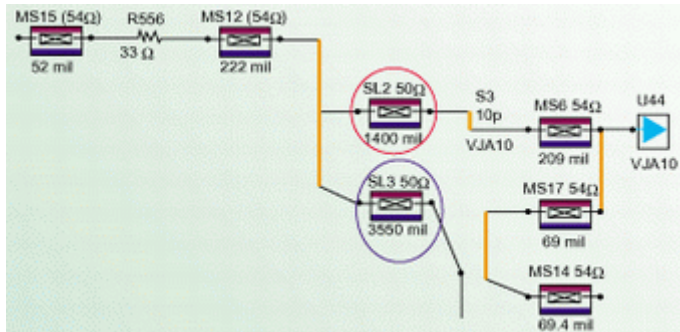
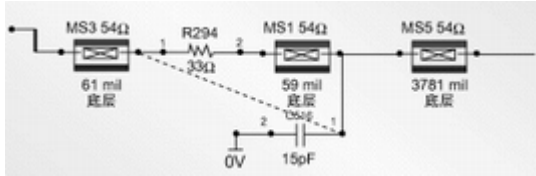


图 1 是一个典型的单驱动器多接收器的拓扑结构，在接收器端开路，阻抗为无穷大，因此信号在终端会发生全反射，沿传输线原路返回。串接电阻阻值为 Z_0 ，传输线阻抗为 $2Z_0 = Z_{01} = Z_0$ ，信号沿 Z_{01} 通过连接点传递到两个分支时，由于两个分支并联，因此从 Z_{01} 看过去的阻抗正好为 Z_0 ，因此信号在从 Z_{01} 传递到两个分支时信号不会发生反射。信号继续沿分支传递到终端，终端开路，因此信号被反射回来；由于是不平衡的拓扑结构，信号沿原路返回时就会有时间上的一致，因此在节点处就会有信号完整性问题出现。

由于是不平衡的拓扑结构，信号沿原路返回时就会有时间上的一致，因此在节点处就会有信号完整性问题出现。

采用对称的拓扑结构可以解决这个问题。结合如图 2 所示实际工作中的一个例子来分析，这是在一个路由器中收发器到内存的拓扑结构图，驱动器是 BCM5625，接收器是存储器。

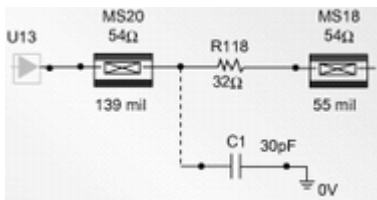


在图 2 中红圈处和蓝圈处的线长分别是 1,400mil 和 3,550mil，由于设计工程师在设计时只考虑了零件位置的摆放而忽略了线长的影响，因此测试到的波形不太理想。将红圈处线长改为 3600mil 后的再测试，可以发现波形得到很大的改善(主要是单调性得到很大改善)。

元件位置对信号的影响

在高速 PCB 板上，零件位置的摆放不能再像在低速 PCB 板那样具有一定随意性，正确的位置往往对信号的影响非常大。以一个设计中的实例来分析，在如图 3 所示的拓扑图结构中，驱动端产生时钟信号，接收端是存储器。

注意到 15p 电容的位置是摆在 33 电阻的后面，分析后发现电容的位置放在电阻前面会有更好的效果(红色虚线所示)，信号的波形改善较大，EMI 也有所改善。如图 5 所示是改善前后的波形，虽然信号的过冲还有点大，但这可以通过改变串接电阻的值来改善，例如可以改为 47 。



元件对 EMI 的影响

良好的系统设计不仅要求系统能正常工作，还要要求系统不能影响其它系统的正常工作，不能对其他系统造成电磁干扰，因此必须考虑 EMI 问题。采用 Specctraquest 工具也能对 EMI 的问题作出分析。

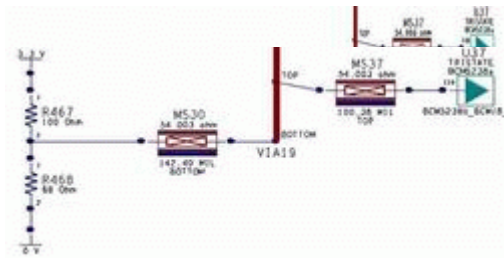
我们仍以路由器的案例来作分析，在图 4 中，U13 是时钟发生器，BGA1 是信号接收端，另外两个接收端是测试点，红圈处的电容是实际的电容模型。对没有电容和加了电容后在 BGA1 端的信号频谱进行测试分析，可以看到加了一个 30p 的电后 EMI 改善很多，但其缺点是信号的上升时间会变缓，解决方法是只要是在规定范围内选取适当的电容值。

不同端接对信号的影响

正确的端接对信号的影响非常大，如果端接不正确的话甚至会造成系统不能正常工作。如图 5 为某条线的终端端接方案的部分拓扑结构。

可以看到在接收端的波形存在明显的问题，甚至在阈值电压以下了。因此考虑使用另外的端接方案(在这里我们使用代文宁端接)，改善以后的拓扑图如图 6 所示。通过测试可以发现波形得到明显的改善，但使用代文宁端接的缺点是要消耗部分直流功耗。

软件仿真结果和示波器测试结果比较



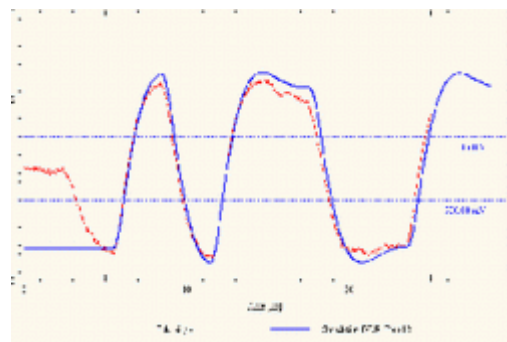
在用软件仿真得出结果后，应该将其与实际的波形作比较，然后得出相关性的结论。在实际的仿真过程中，我们会用到 IC 厂商提供的 IBIS 模型，如果模型本身没有问题，在仿真软件中的参数设置正确，得到的结果应该和示波器测量的结果出入不大。我们以英特尔的 SpringDale 芯片

组为例说明，如图 7 所示是北桥芯片到 DDR333 内存的波形图(接收端是存储器)，红色的曲线是用示波器实际所量测到的波形；蓝色是 SpectraQuest 软件运行出来的结果，具体环境是在 SQ 激励源的设置上选取“custom”，并给出 1011001 的激励信号；截止频率设置为 1G，这样是考虑趋肤效应的影响，如果信号翻转越快，则截止频率应该设的越高。可以看到两个波形非常接近。

本文小结：

电子技术的发展使得 IC 的工作速度越来越快，频率越来越高，当信号的互连延迟大于边沿信号翻转阈值时间的 20% 时，PCB 板上信号线就会呈现出传输线效应，即连线不再是显示集总参数的单纯的导线性能，而是呈现出分布的参数效应，这就是高速设计。

与传统的设计比较，高速设计要更多地考虑到信号完整性问题，在设计过程中借助 EDA 工具可以最大程度上减少重复设计次数，减少设计人员所花的时间和精力，同时又能设计出良好的产品来。



参考文献：

1. Cadence 高速系统设计专刊
2. High-Speed Digital System Design" Stephen H.Hall etc.

作者：周杰

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>